

位置探査をベースにした工程管理システムの研究

中村智和 小林郁太郎 板生清 大和裕幸 西田尚徳

東京大学

近年、環境情報のひとつである位置情報は様々な方法で取得され、応用されている。屋外ではGPSやPHS位置情報サービスなどが代表的であり、カーナビゲーションやヒューマンナビゲーションなどで利用されている。しかし、屋内での位置探査に関してはそのような手法は確立されていない。本研究では複雑な室内環境において人の位置を追跡し、工程管理に応用するために、磁気タグによる位置探査システム、監視カメラによる画像認識を組み合わせたシステムを提案する。また、一例として造船工場の一工程に実際に適用するための実験を行った。

Manufacturing process management based on position detecting techniques

Tomokazu Nakamura , Ikutaro Kobayashi , Kiyoshi Itao

Hiroyuki Yamato , Hisanori Nihsida

University of Tokyo

Recently ,the position detecting techniques get the more importance in manufacturing process management. First , magnetic tags are applied in this paper to sense the position and movement of workers on the process. Secondly, supervising cameras are introduced to make up the movement lines by connecting the sensing points of magnetic tags. This detecting system, resulting the movement lines of workers with a time table, are proved to be effective to design the efficient arrangement of manufacturing process, etc...

1. はじめに

我々を取り巻く環境は様々な情報を持っている。その様々な情報の一つに、位置情報があげられ、その重要性は言及するまでもない。近年、この位置情報を入手する方法が非常に発達してきており、例えばGPSや、PHSによる位置情報サービスなど、簡単に位置情報が取得できるシステムが提供されている。それらは、カーナビゲーションシ

ステムや痴呆老人の徘徊防止システムをはじめとして様々な利用がなされ、現在でも新たなアプリケーションが開発されつつある。しかし、これらの位置情報取得システムはいずれも屋外でのみ利用可能であり、室内環境下における位置情報取得は屋外でのそれに比べて、公共で利用できるものがないのが現状である。本研究では、磁気センサと監視カメラからの画像認識を利用し、

屋内における位置探査を確立する。
これらの位置探査法は GPS や PHS と比較して、Table1 のような特徴がある。

方式	利用可能な場所	精度
GPS	屋外のみ	～数十 m
PHS	屋外のみ	200～300m
磁気センサ	どこでも(要電源)	数十 cm～数 m
画像認識	見通しのよいところ	数十 cm

Table 1 位置探査法の比較

室内作業環境において位置情報を取得することができれば、wearable computer と組み合わせることで作業者の動線を追跡したり、作業データのログをとることができる。この情報から、作業者の動線を簡略化し、作業の効率化や作業者の身体的負担の低減、位置に応じた作業ナビゲーションなどが可能となる。

2. 磁気タグによる位置検出システム

2.1 磁気通信方式

本研究では位置検出法のひとつとして、磁気センサを用いる。磁気を用いて位置情報をやりとりする方式はいくつかあり、座標そのものを信号に変えて送受信する方法、周波数や、信号を送るタイミングなどをそれぞれの位置で固有のものにすることで位置を特定できる方法などがあるが、本研究では、受信機側での解析が容易な、測定したい場所ごとに固有の周波数を割り当てる方式を採用する。

また、磁気を送受信するコイルの形状も、標準的な円筒形コイル、埋設用の平面型コイルが考えられ、それぞれは Table2 のよう

な特徴を持っている。円筒形コイルは設置が簡単なこと、埋設型コイルは自由にセルの形を決定できることが主な利点である。

	導入しやすさ	セルの大きさ, 形状
円筒型コイル	◎	○
平面型コイル	△	◎

Table 2 コイル型の特徴

本論文では、主に、取り回しの点で優位にある円筒型コイルの使用を前提とする。

2.2 円筒形コイルについて

磁界を送受信するのに用いるタグは、全長約 7cm,直径約 2cm でフェライトを芯に持つ約 2 万巻きのコイルである。(Fig.1)



Fig.1 円筒型コイル

この円筒形コイルに、周波数数百 Hz～数千 Hz、電圧数十 V の正弦波を送り、磁界を発生させる。

2.3 システム構成

本システムは、半径約 1～2 メートルの磁界のセルを発生する送信タグ、被計測者に取り付けられた受信タグ、信号処理、解析及び記録を行う wearable computer によって構成されている。その構成図は Fig.2 に示されている。このシステムにより、被計

測者の位置をリアルタイムに計測することができる。従って現在位置のみならず、その位置に付随する作業内容、特定の点を通過したかどうかなども把握できる。

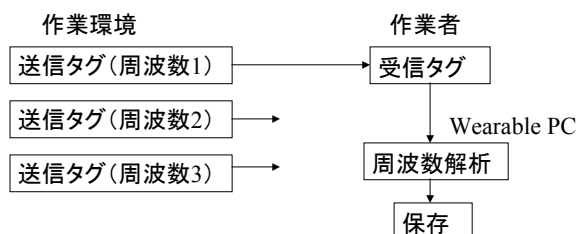


Fig.2 システム全体図

2.4 解析システム

誘導起電力の発生する受信タグは、PCに取り付けられた A/D インターフェースに接続されており、入力された信号は National Instruments 社の LabVIEW 上で動くプログラミングソフトによって周波数解析及び位置判定がなされ、ログが時刻情報と共に保存される。

2.5 性能評価実験と考察

実際に、送信タグに 30V、1.5kHz の交流電圧を印加し、位置検出可能な範囲を求めた。(Fig.3) 限界点より送信コイル側が位置検出可能な範囲である。

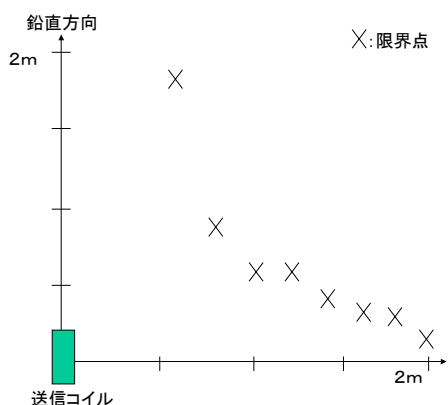


Fig.3 位置検出可能範囲

実用の際、受信タグを腰に装着し、送信タグを同じ高さに配置するとした場合、計測対象者がしゃがんだりすることを考慮に入れ、この電圧では半径 1m あたりが実効範囲となる。この範囲は、電圧を変えることである程度調整可能であるが、さらに細かな動きを検出したい場合や、床以外に設置場所がない場合には円筒形コイルは不適切であることがわかった。

3. 画像処理技術との組み合わせ利用

3.1 監視カメラからの動画認識

磁気タグは位置探査に非常に有用であるが、ひとつのセルの大きさには限界があるため、大きな面積をカバーするためにはそれだけ多くの数の磁気タグが必要となる。これはコストの面からいっても不利である。そこで本研究では、広域をカバー可能な動画認識システムと併用することで、両者の利点を共に得られると考えた。これらの位置探査法はそれぞれ Table 3 のような特徴を持っている。

	カバー範囲	障害物	確実性	個人の特定
磁気タグ	狭い	問題なし	◎	◎
画像認識	広い	陰に隠れると使えない	○	△

Table 3 室内位置探査の特徴比較

3.2 組み合わせ利用

磁気タグはカバー範囲の狭いが、小回りが利くという特徴と、画像認識の広いカバー範囲という特徴を生かすには、Fig.4 のような組み合わせ方が有用であると考えられる。

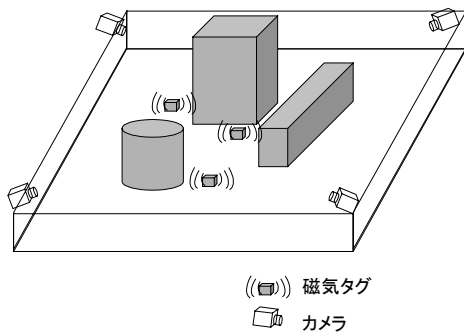


Fig.4 組み合わせ利用のイメージ

また、本システムでは、リアルタイム性を確保するために、磁気タグによる情報と映像を同時に処理しなければならないので、無線 LAN などを通じて 1 台の PC に情報を集中する必要がある。また、動画認識形式も使用目的にあわせて選定する必要があるが、背景となる現場が非常に複雑で、移動体が作業員以外にも存在する場合などは、動画を解析することが難しくなるため、本システムの利用は困難となる。

この方法が利用可能であれば、計測対象をロストすることなく、動線追跡に有用な位置探査を様々な作業工程に対し行うことができる。

4. 造船作業計測へのアプリケーション

4.1 計測対象

本システムの適用の一例として、造船工作におけるアイトレーサーという機械を用いた作業場面を想定した(Fig.5)。アイトレーサーとは 2m 四方程度の端材から、数十 cm 四方の部材をガス切断により生成する機械である。アイトレーサーは専任の作業員がおり、この専任の作業員の作業は、クレーンによって端材を作業台に設置すること、アイトレーサーを操作すること、切

り出された部材を適切なパレットに整理すること、にまとめられる。この工程では、工作現場が様々な機械によって遮蔽された複数の小空間から成り立っているため、磁気タグが特に有用となる。



Fig.5 Eye Tracer

本研究では、この作業工程を、大学の実験室に再現して実験を行った。

4.2 計測実験

Fig6 のように、大まかに実験室全体が見渡せる場所にカメラ、また、遮蔽されている場所、もしくは誰が何をしているかを特定するために操作盤付近に磁気タグを配置した。実際には機材の都合上、送信用磁気タグは 2 個のみとした。また、カメラはデスクトップ PC に接続された CCD カメラを使用した。今回は、本システムで常に動線を追跡することが可能かどうか確認するための実験であるため、画像認識ソフトは付加されていない。

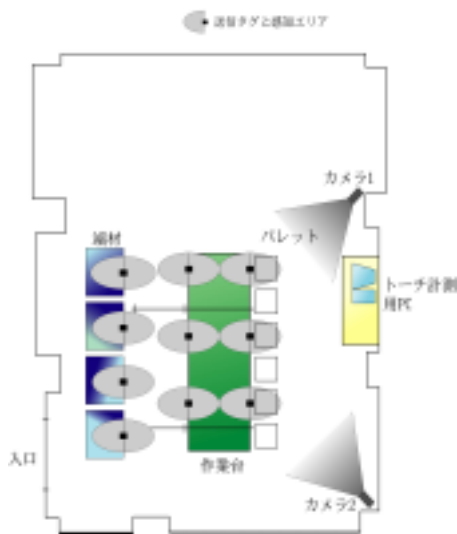


Fig.6 実験レイアウト

計測は、模擬作業者が約 15 分間にわたり、実際の作業と同じ行動をとり、計測後オフラインで磁気タグが正常に機能しているか、また、カメラが磁気タグの少なくとも一方にとらえられているかを確認した。

4.3 結果及び考察

オフラインでの分析の結果、移動中にセル内であってもセル外であるという判定がなされる現象が多少観察された。これはおそらくノイズによる影響であるが、位置情報ログを編集するソフトウェア次第で十分解決できる範囲内であった。

従って、本システムは造船工作のアイトレイサーによる工程の中で、作業同定に十分な精度の動線追跡が可能であるといえる。

しかし、計測対象者が激しい動きを伴う作業を行う場合、ノイズのため位置取得が困難になることが考えられる。

5. 現在の課題と展望

5.1 磁気タグについて

磁気タグによる位置計測については、磁気コイル自体は小型であるが、特定周波数の正弦波を生成するための装置を 1 つのコイルにつき 1 つ用意する必要がある。また電源も必要であるため、装置全体の小型化と低消費電力化が必要である。

また、円筒形コイルではひとつのセルは約半径 1m であるが、さらに高い分解能が求められる場面では埋設型平面コイルの使用が有効である。

5.2 動画像認識

実験においては、映像はオフラインで人による視認で解析するために用いられたが、実用のためには自動で、しかもリアルタイムによる解析が望ましい。そのためには、作業場面に応じた画像解析方法の選定する必要がある。例えば、作業場面における移動体が人のみである場合、背景差分法での解析が有効であるが、4.1 で想定した工程では機械も移動するため、背景差分法での解析は不適切である。現在、動画像認識技術は発展途上の技術であり、このような問題は時間と共に解決されると思われる。

6. 結論

本研究では、磁気タグと動画像認識システムとの併用による、様々な環境に対応する室内位置探査システムのプロトタイプを作成した。また、実際の作業工程に対するアプリケーションの具体例を提示した。これにより、作業者の動線を自動的に追跡できるようにし、作業の効率化や作業者の身体的負担の低減などを可能にした。

謝辞

本研究を行うにあたって、実際の造船所を見学させていただいた、三菱重工業(株)の方々、造船業におけるインダストリアルエンジニアリング(IE)についてご教示をいただいた(株)日本能率協会コンサルティングの森本晋氏に、深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 大和裕幸, 小林郁太郎, 西田尚徳, 榎本昌一, 中村智和: ウェアラブルシステムの産業現場への応用, 造船学会講演集(2001)
- 2) Wasinee Rungsarityotin, Thad E.Starner:
“Finding location using omnidirectional video on a wearable computing platform ”
In ISWC'00,2001
- 3) 森本晋: 造船 IE~標準時間システム導入の土壌整備として~, (株)日本能率協会コンサルティング, (2000)
- 4) 板生清監修: ウェアラブル情報機器の実際, オプトロニクス社, (1999)
- 5) 板生清著: ウェアラブルへの挑戦, 工業調査会, (2001)